



■河北 何艳秋

溶液 pH 的计算要注意总结计算类型,不同计算类型其计算方法不同,有关溶液 pH 的计算主要有一般型、稀释型和混合型三种类型.

一、一般型

给出溶液中或者由水电离出的 $c(\text{H}^+)$ 和 $c(\text{OH}^-)$, 根据 pH 的定义套用公式直接计算.

二、稀释型

对于 $\text{pH}=a$ 的酸, 强酸时稀释 10^n 倍, $\text{pH}=a+n$; 弱酸时稀释 10^n 倍, $a < \text{pH} < a+n$.

对于 $\text{pH}=b$ 的碱, 强碱时稀释 10^n 倍, $\text{pH}=b-n$; 弱碱时稀释 10^n 倍, $b > \text{pH} > b-n$.

例 1 将 $\text{pH}=5$ 的 H_2SO_4 溶液稀释 1 000 倍后, 溶液中 SO_4^{2-} 离子浓度与 H^+ 离子浓度的比值约为().

A. 1 : 10 B. 1 : 1 C. 1 : 2 D. 1 : 20

解析: $\text{pH}=5$ 的 H_2SO_4 溶液中, $c(\text{H}^+) = 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{SO}_4^{2-}) = 5 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 稀释 1 000 倍后, $c(\text{SO}_4^{2-}) = 5.0 \times 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 考虑到水的电离, pH 应接近 7, $c(\text{H}^+)$ 不可能为 $1.0 \times 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 否则稀释硫酸溶液由酸性溶液变为碱性溶液, 因此 $c(\text{H}^+) = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

答案: D.

总结: 解答本题时容易认为稀释 1 000 倍后, $c(\text{H}^+)$ 由 $10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$



变为 $10^8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 从而错选 C 项. 对于强碱或强酸无限稀释, 溶液中 $c(\text{H}^+)$ 和 $c(\text{OH}^-)$ 只能接近 10^{-7} , 但不可能由酸性变为碱性或由碱性变为酸性.

三、混合型

1. 强酸和强酸混合

两强酸混合由 $c(\text{H}^+)_{\text{混}} = \frac{c(\text{H}^+)_1 V_1 + c(\text{H}^+)_2 V_2}{V_1 + V_2}$, 先求出混合后的 $c(\text{H}^+)_{\text{混}}$, 再根据 $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+)_{\text{混}}$ 求 pH.

例 2 pH=4 的盐酸和 pH=2 的盐酸等体积混合后, 溶液的 pH 最接近于().

- A. 2.0 B. 2.3 C. 3.5 D. 3.7

解析: 混合后溶液中 $c(\text{H}^+) = \frac{10^{-4} \times V + 10^{-2} \times V}{2V} = 5.05 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 溶液的 $\text{pH} = -\lg 5.05 \times 10^{-3} = 3 - \lg 5.05 = 2.3$.

答案: B.

2. 强碱和强碱混合

两强碱混合由 $c(\text{OH}^-)_{\text{混}} = \frac{c(\text{OH}^-)_1 V_1 + c(\text{OH}^-)_2 V_2}{V_1 + V_2}$, 先求出混合后的 $c(\text{OH}^-)_{\text{混}}$, 再通过 K_w 求出 $c(\text{H}^+)_{\text{混}}$, 最后求 pH.

例 3 将 pH=8 的 NaOH 溶液与 pH=10 的 NaOH 溶液等体积混合后, 溶液中的 $c(\text{H}^+)$ 最接近于____, pH 为_____.

解析: 混合后溶液中 $c(\text{OH}^-) = \frac{10^{-6} \times V + 10^{-4} \times V}{2V} = 5.05 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则溶液中 $c(\text{H}^+) = \frac{10^{-14}}{5.05 \times 10^{-5}} = 2 \times 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+) = -\lg 2 \times 10^{-10} = 10 - \lg 2 = 10 - 0.3 = 9.7$.

答案: $2 \times 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 9.7.

总结: 解答本题时容易根据 $c(\text{H}^+) = \frac{10^{-8} \times V + 10^{-10} \times V}{2V} = 5.05 \times 10^{-9}$, 得出 $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+) = -\lg 5.05 \times 10^{-9} = 9 - \lg 5.05 = 9 - 0.7 = 8.3$, 从而引起错解. 对于强碱的混合, 一定要先计算出混合溶液中 $c(\text{OH}^-)$, 再计算混合溶液中 $c(\text{H}^+)$, 后计算溶液的 pH.

3. 强酸和强碱混合

强酸和强碱发生中和反应, 根据强酸和强碱的用量不同, 主要有“完全型”和“过量型”两种类型, 恰好中和、强酸过量 and 强碱过量三种情况.

(1) 恰好中和

强酸强碱恰好中和时, 则强酸电离产生的 $n(\text{H}^+)$ 和强碱电离产生的 $n(\text{OH}^-)$ 相等, 反应后得到的是强酸强碱盐, 溶液为中性, $\text{pH} = 7$.



例4 1体积 pH=2.5 的盐酸与 10 体积某一元强碱溶液恰好完全反应,则该碱溶液的 pH 等于()。

A. 9.0 B. 9.5 C. 10.5 D. 11.0

解析:二者恰好完全反应,则 $n(\text{H}^+) = n(\text{OH}^-)$ 。设盐酸和强碱的体积分别为 $V \text{ L}$ 、 10 VL ,强碱的 pH 为 x ,则 $10^{-2.5} \cdot V = 10^{x-14} \cdot 10 \text{ V}$,解得 $x = 10.5$ 。

答案:C。

(2)强酸过量

强酸和强碱发生中和反应,当强酸剩余时,首先要计算出剩余的 $c(\text{H}^+)$,然后再根据定义计算溶液的 pH 值。强酸剩余时, $c(\text{H}^+)_{\star} = \frac{c(\text{H}^+) \cdot V(\text{H}^+) - c(\text{OH}^-) \cdot V(\text{OH}^-)}{V(\text{H}^+) + V(\text{OH}^-)}$ 。

例5 60 mL 0.5 mol · L NaOH 溶液和 40 mL 0.4 mol · L 硫酸混合后,溶液的 pH 最接近于()。

A. 0.5 B. 1.7 C. 2 D. 13.2

解析:根据提供数据,酸碱中和反应后硫酸过量,则 $c(\text{H}^+) = \frac{0.04 \times 0.8 - 0.06 \times 0.5}{0.06 + 0.04} = 0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{pH} = -\lg 2 \times 10^{-2} = 2 - \lg 2 = 1.7$ 。

答案:B。

(3)强碱过量

强酸和强碱发生中和反应,当强碱剩余时,首先要计算出剩余的 $c(\text{OH}^-)$,然后利用水的离子积常数计算溶液中 $c(\text{H}^+)$,最后根据定义计算溶液的 pH。强碱剩余时, $c(\text{OH}^-)_{\star} = \frac{c(\text{OH}^-) \cdot V_{\text{碱}} - c(\text{H}^+) \cdot V_{\text{酸}}}{V_{\text{酸}} + V_{\text{碱}}}$ 。

例6 把 90 mL 盐酸和 110 mL NaOH 溶液相混合,所得溶液 pH 为 12,如果混合前二者物质的量浓度相同,它们的浓度是()。

A. 0.05 mol · L⁻¹ B. 0.5 mol · L⁻¹
C. 0.1 mol · L⁻¹ D. 1 mol · L⁻¹

解析:混合后碱过量,混合溶液中 $c(\text{OH}^-) = 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。设混合前二者物质的量浓度为 c ,则 $c = \frac{0.11 \text{ L} \times c - 0.09 \text{ L} \times c}{0.11 \text{ L} + 0.09 \text{ L}} = 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

答案:C。

总结:“过量型”的强酸和强碱的中和反应,要计算反应后溶液的 pH,首先要判断反应中强酸和强碱谁过量,然后计算反应后剩余的 $c(\text{H}^+)$ 或者 $c(\text{OH}^-)$,最后进行 pH 的计算。

(责任编辑 肖 博)

